

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑦① Anmelder:  
Alcatel, Paris, FR

⑦④ Vertreter:  
Pohl, H., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 70188 Stuttgart

⑦② Erfinder:  
Bülow, Henning, Dr.-Ing., 70597 Stuttgart, DE;  
Schlag, Erwin, Dipl.-Ing., 71665 Vaihingen, DE

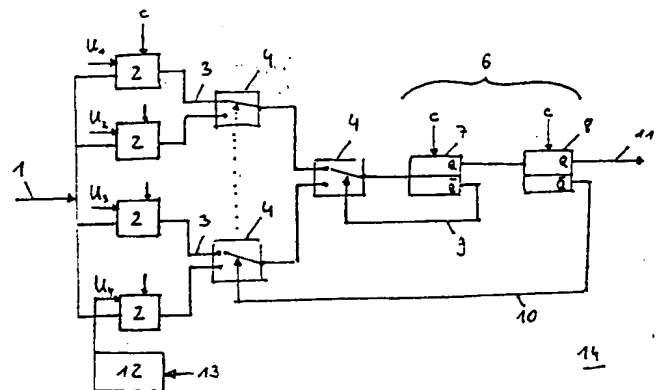
⑦⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

|    |              |
|----|--------------|
| DE | 39 12 713 A1 |
| EP | 07 02 454 A1 |
| EP | 03 98 169 A1 |

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑦④ Verfahren sowie rückgekoppeltes Filter für die Entzerrung von digital übertragenen Signalen

⑦⑤ Es wird ein Verfahren sowie ein rückgekoppeltes Filter zur Entzerrung von digitalen Signalen vorgeschlagen, wobei die Signale mit Schwellwertentscheidern, Multiplexern sowie einer Verzögerungseinheit 6, die ein verzögertes Signal zur Beschaltung des Multiplexers rückkoppelt, ausgebildet ist, wobei ein Eingangssignal 1 mindestens 4 Schwellwertentscheider 2 parallel durchläuft und die Ausgangssignale 3 der Schwellwertentscheider 2 von mindestens einem Multiplexer 4 auf die Verzögerungseinheit 6 geschaltet werden und die Verzögerungseinheit 6 aus mindestens zwei Verzögerungsstufen besteht, deren verzögerten Signale 9, 10 den mindestens einen Multiplexer 4 schalten.



Die Erfindung geht aus von einem Verfahren sowie einem rückgekoppelten Filter für die Entzerrung von digital übertragenen Signalen nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Neben der Dämpfung ist die Signaldispersion der optischen Signale das hauptsächlich limitierende Kriterium, das Übertragungsstrecken und Bitraten in faseroptischen Systemen beeinflusst. Die Effekte der Dispersion und ihre Limitierungen können durch geeignete Signalverarbeitung des rückgewonnenen elektrischen Signals ausgeglichen werden. Im praktischen Einsatz ist es dabei notwendig, die Signalverarbeitung adaptiv zu gestalten, da die Dispersionseffekte der Faser sich mit der Zeit verändern. Durch die Dispersionseffekte, beispielsweise hervorgerufen durch Polarisationsmodendispersion treten Überlappungen von Signalanteilen unterschiedlicher Polarisation auf. Die Signale werden aufgrund dieser Dispersionseffekte zeitlich verschmiert und kommen unaufgelöst im optischen Empfänger an. Um die Signale, die aufgrund von Dispersionseffekte überlagert im Empfänger ankommen, wieder zu trennen, werden nichtlineare elektronische Filter zur Entzerrung der Signale eingesetzt. Aus der Veröffentlichung "Adaptive nonlinear cancellation for high speed fiber optic systems" Jack Winters und S. Kasturia, Journal of Lightwave Technology, Vol. 10, Nr. 9, Seite 971ff ist ein nichtlineares elektronisches Filter bekannt. Um die zeitlichen Probleme mit der analogen Rückkopplung im nichtlinearen Filter zu verkleinern, werden zwei Schwellwertentscheider mit unterschiedlichen Schwellwerten parallel zueinander geschaltet. Die Ergebnisse der parallel geschalteten Schwellwertentscheider werden über einen ansteuerbaren Multiplexer zusammengeführt. Die in Fig. 7 dargestellte Ausführungsform verwendet zwei Schwellwertentscheider, deren Ausgänge mit einem Multiplexer verbunden sind. Ein D-Flip-Flop und eine Rückkopplungsschleife beschalten den Multiplexer des Filters. Eine periphere Elektronik ermittelt die einzustellenden Schwellwerte und speichert sie über Kondensatoren ab. Die Zeitkonstanten der Schwellwert-Elektronik liegen somit fest. Mit einem solchen nichtlinearen Filter lassen sich Signale entzerren, wenn die Verzögerungen zwischen langsamen und dem schnellen Signalanteilen sich innerhalb eines Zeittakts bewegen.

Dem gegenüber hat das erfindungsgemäße Verfahren sowie das erfindungsgemäße rückgekoppelte Filter den Vorteil, daß Echoverzögerungen zwischen langsamen und schnellen Signalanteilen über mehrere Zeittakte hinaus entzerrt werden können. Weiterhin können Verzerrungen unterschiedlichen Ursprungs, wie PMD (Polarisations-Modendispersion) und chromatische Dispersion die gleichzeitig auftreten, ebenfalls reduziert werden. Dazu werden vorteilhafterweise mindestens vier Schwellwertentscheider parallel geschaltet, wobei die Ausgänge über mindestens einen Multiplexer zusammengeführt werden und das die Beschaltung der Multiplexer über mindestens zwei Rückkopplungsschleifen erfolgt. Weiterhin ist möglich, die Schwellwerte über eine externe Einheit an die Änderungen des Dispersionsverhaltens der Übertragungsfaser anzupassen, ohne daß die Schwellwerteneinstellung einer zeitkritischen Rückkopplung folgen muß.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Verfahrens sowie des rückgekoppelten Filters möglich.

Besonders vorteilhaft ist dabei, daß die Rückkopplung der Ausgangssignale der Verzögerungsschaltung mit dem Datentakt c erfolgt, während die Einstellung der Entscheider

über eine Prozessoreinheit langsamer erfolgen kann.

Es ist weiterhin von Vorteil, das die langsamere Einstellung der Schwellwerte aufgrund von Meßwerten erfolgt, die eine externe Detektion des Ausgangssignals ermittelt und einem Prozessoreinheit zur Auswertung übergibt.

Weiterhin ist es von Vorteil, das die Verzögerungseinheit aus einem Master-Slave-D-Flip-Flop und einem nachgeschalteten Latch-Flip-Flop besteht. Dadurch wird in der ersten Rückkopplungsschleife eine sichere Detektion des Signalszustandes erreicht, während in der zweiten Rückkopplungsschleife eine schnelle Rückkopplung erfolgen kann.

Vorteilhafterweise kann die Verzögerungseinheit als Schieberegister mit Logikeinheit realisiert werden.

Vorteilhafterweise wird ein rückgekoppeltes Filter in einer Kombinationsschaltung verwendet, wobei das rückgekoppelte Filter entweder mit einem oder mehreren linearen Filter oder weiteren rückgekoppelten Filtern parallel geschaltet wird. Dabei ist es von Vorteil, daß Entscheidungsschwellen sowohl konstant als auch einstellbar ausgelegt sind.

Für eine weitere Entzerrung der Signale erweist sich Vorschaltung eines analogen Filters als Vorteil, wobei dieses Filter als adaptives Filter ausgelegt sein kann.

Zu einer optimalen Signalentzerrung sind auch Filterkombination einsetzbar, in denen rückgekoppelte Filter mit zwei Schwellwertentscheidern mit linearen, adaptiven oder nichtadaptiven Filtern sowie mit erfindungsgemäßen rückgekoppelten Filtern mit mindestens vier Schwellwertentscheidern zusammenarbeiten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigt Fig. 1 eine Schaltung mit vier Entscheidern,

Fig. 2 eine Schaltung mit mehr als vier Entscheidern,

Fig. 3 eine Filterkombination,

Fig. 4 eine erweiterter Filterkombination und

Fig. 5 eine Messung der Filterergebnisse.

Fig. 1 zeigt vier Schwellwertentscheider 2, die parallel zueinander geschaltet sind und eingangsseitig mit dem Eingangssignal 1 verbunden sind. Die Schwellwertentscheider 2 weisen weitere Eingänge für die Schwellwerte  $U_{1-4}$  sowie für den Datentakt c auf. Die Ausgänge der Schwellwertentscheider 2 liegen jeweils paarweise an einem Multiplexer 4 an. Die Ausgänge der ersten Multiplexer-Stufe 4 sind mit den Eingängen einer weiteren Multiplexer-Stufe 4' verbunden. Der Ausgang dieses Multiplexers 4' liegt am Eingang eines D-Flip-Flops 7 an, dessen Q-Ausgang mit dem Eingang eines Latch-Flip-Flops 8 verbunden ist. Der Q-Ausgang des D-Flip-Flops 7 ist in den Multiplexer 4 der zweiten Stufe rückgekoppelt. Der Ausgang Q des Latch-Flip-Flops 8 liefert das rekonstruierte Ausgangssignal 11. Der Q-Ausgang des Latch-Flip-Flops 8 wird über die Rückkopplungsschleife 10 in die erste Multiplexerstufe 4 rückgekoppelt.

Das Eingangssignal ist aufgrund von Dispersionseffekten verzerrt. Wie man zum Beispiel aus Fig. 5 erkennen kann ist das Eingangssignal stufig strukturiert, da Polarisationsanteile des Signals schnell und langsam über die Glasfaser transportiert werden. Das stufige Eingangssignal am optoelektronischen Wandler ist hier beispielsweise für einen Lautzeitunterschied von 1,5 Perioden sowie einer gleichen Intensitätsverteilung zwischen den unterschiedlichen Polarisationsmoden aufgetragen.

Das Eingangssignal wird auf die vier Schwellwertentscheider 2 aufgeteilt. Jeder Schwellwertentscheider 2 besitzt eine individuelle Schwelle  $U_{1-4}$ . Die Einstellung dieses Schwellwerts geschieht über eine digitale Prozessoreinheit 12, die die Meßergebnisse 13 einer externen Messung auswertet. Als externe Messung kann dabei die Auswertung des

Augendiagramms des Ausgangssignals 11 dienen. Aus der gemessenen Augenöffnung wird eine Anpassung des Schwellwerts  $U_{1-4}$  errechnet. Je nach Schwellwert liefern die Ausgänge der Schwellwertentscheider Schwellwertsignale 1 oder 0, die in der ersten Multiplexerstufe anliegen. Über die zweite Multiplexerstufe 4 geht ein Signal an das Master-Slave-D-Flip-Flop 7. Dieses Master-Slave-Flip-Flop verzögert das eingehende Signal um einen Datentakt. Da es sich hier um ein Master-Slave-Flip-Flop handelt ist die Speicherung des Signals sehr sicher und die Zeitverzögerung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal beträgt gerade einen Datentakt. Solange der Takt 1 ist, wird die Eingangsinformation in den Master eingelesen. Der Ausgangszustand bleibt unverändert, da der Slave blockiert ist. Wenn der Takt auf 0 geht, wird der Master blockiert und auf diese Weise der Zustand eingefroren der unmittelbar vor der negativen Taktflanke angelegen hat. Gleichzeitig wird der Slave freigegeben und der Zustand des Masters an den Ausgang übertragen. Es gibt keinen Taktzustand, bei dem sich die Eingangsdaten unmittelbar auf den Ausgang auswirken. Daher wird ein solches Flip-Flop für eine sichere Detektion und unabhängige Auswertung des Eingangssignals verwendet. Für die zeitkritischere Rückkopplungsschleife 10 wird ein transparentes Flip-Flop 8 eingesetzt, das ohne eine weitere Verzögerung die erste Multiplexerstufe 4 beschaltet. Der Einsatz des Latch-Flip-Flop ist bei einer Ausführung mit zwei Rückkopplungsschleifen notwendig, da die zweite Schleife 10 sehr zeitkritisch ist. Eine solche Schaltung mit vier Schwellwertentscheidern kann Signalverzögerungen zwischen den beiden Polarisationsmoden eines Bit von 0 bis etwa 200 ps bei 10 Gbit/s optimal ausgleichen.

Die Schwellwerte der Schwellwertentscheider 2 werden zunächst aufgrund von Messungen optimal eingestellt und können über die digitale Prozessoreinheit 12 nachgeregt werden, wenn sich das Dispersionsverhalten der Faser mit der Zeit ändert.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem Eingangssignal 1 auf mehr als vier Entscheider 2 aufgeteilt wird. Die Anzahl der Entscheider ist dabei von der Art der Störung abhängig. Die Entscheider weisen jeweils wieder einen Schwellwerteingang  $U_1$  bis  $U_n$  auf, der von einem digitalen Prozessor 12 extern geregelt wird. Die Ausgänge der Entscheider 2 liegen an einem Multiplexer 4 an, der von einer Logikeinheit 5 beschaltet wird. Die Logikeinheit 5 wertet die Ausgänge einzelner Flip-Flops 7 der Verzögerungslogik 6 aus, um den Multiplexer 4 zu beschalten. Am Ausgang des Schieberegisters entsteht das Ausgangssignal 11. Bei dieser Ausführungsform ist die Rückkopplung der zeitverzögerten Ausgangssignale der Flip-Flops zum Multiplexer nicht mehr zeitkritisch, so daß hier normale Master-Slave-Versionen eingesetzt werden.

Fig. 3 zeigt die parallele Schaltung eines erfindungsgemäßen rückgekoppelten Filters 14 zu beispielsweise linearen Filter 15. Das Eingangssignal 1 besteht aus den Signalanteilen der beiden Polarisationsmoden  $S_+$  und  $S_-$ . Die beiden Signalzweige werden an einem Schalter 18 zusammengeführt, der von einem Umschaltimpuls 17 geschaltet wird. Die Qualität des Ausgangssignals 11 wird von einer externen Detektion 13 festgestellt. Zum Ausgleich von Laufzeitunterschieden in den beiden Signalzweigen ist ein Laufzeitglied 16 vorgesehen.

In Fig. 4 ist die parallele Anordnung von mehreren rückgekoppelten und/oder linearen Filtern angedeutet. Laufzeitglieder 16 passen die Signallaufzeiten der Signalzweige aneinander an, damit nach einer Umschaltung am Schalter 18 das Signal synchron weiterläuft.

Fig. 5 zeigt ein beispielhaftes Signal a), das aufgrund von Dispersioneffekten Verzerrungen b) ausbildet. Nach

Durchlaufen des erfindungsgemäßen rückgekoppelten Filters wird das ursprüngliche Signal c) zurückgewonnen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Entzerrung von digitalen Signalen, wobei das empfangene Signal (1) aufgrund von Schwellwerten ( $U_1 \dots$ ), ausgewertet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Schwellwertentscheidung mit mindestens vier Schwellwertentscheidern (2) vorgenommen wird, wobei mindestens ein Multiplexer (4) die Ausgänge der Schwellwertentscheider (2) mit einer nachgeschalteten Verzögerungslogik (6) verbindet, und daß der mindestens eine Multiplexer (4) mit mindestens einem rückgekoppelten Ausgangssignal (9, 10) der Verzögerungsschaltung (6) geschaltet wird und die Schwellwerte ( $U_1 \dots$ ) der Schwellwertentscheider (2) über eine digitale Prozessoreinheit (12) adaptiv eingestellt werden.
2. Verfahren zur Entzerrung von digitalen Signalen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkopplung der Ausgangssignale der Verzögerungsschaltung (6) im Datentakt c und die Einstellung der Schwellwerte der Schwellwertentscheider (2) in einem langsameren Zeitrahmen erfolgt.
3. Rückgekoppeltes Filter (14) für die Entzerrung von digital übertragenen Signalen mit Schwellwertentscheidern (2), Multiplexer (4) sowie einer Verzögerungseinheit (6), die ein verzögertes Signal zur Beschaltung des Multiplexers rückkoppelt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eingangssignal (1) mindestens vier Schwellwertentscheider (2) parallel durchläuft und die Ausgangssignale (3) der Schwellwertentscheider (2) von mindestens einem Multiplexer (4) auf die Verzögerungseinheit (6) geschaltet werden, und die Verzögerungseinheit (6) aus mindestens zwei Verzögerungsstufen (7, 8) besteht, deren verzögerte Signale (9, 10) den mindestens einen Multiplexer (4) schalten.
4. Rückgekoppeltes Filter (14) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte von einem Signalprozessor (12) über Meßwerte einer externen Detektion (13) einstellbar sind.
5. Rückgekoppeltes Filter (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungseinheit (6) aus einem Master-Slave-D-Flip-Flop (7) und einem Latch-Flip-Flop (8) besteht.
6. Rückgekoppeltes Filter (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungseinheit (6) ein Schieberegister ist und eine Logikeinheit (5) das an den den Multiplexer rückgekoppelte Signal auswählt.
7. Verwendung eines rückgekoppelten Filters (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einer Schaltung mit parallel geschalteten Filtern, deren jeweiliger Ausgang über einen Steuersignal (17) auf die Ausgangsleitung geschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das rückgekoppelte Filter (14) parallel zu mindestens einem linearen Filter (15) und/oder mindestens einem rückgekoppelten Filter (14) eingesetzt wird, wobei Laufzeitglieder (16) unterschiedliche Signallaufzeiten ausgleichen.
8. Verwendung eines rückgekoppelten Filters (14) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte der rückgekoppelten Filter (14) adaptiv einstellbar oder fest einstellbar sind.
9. Verwendung eines rückgekoppelten Filters (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem rückgekoppelten Filter (14)

ein analoges Filter vorgeschaltet ist.

10. Verwendung eines rückgekoppelten Filters (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das vorgeschaltete analoge Filter adaptiv geregelt wird.

5

11. Verwendung eines rückgekoppelten Filters (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Filterkombinationen auch rückgekoppelte Filter mit zwei Schwellwertentscheider verwendet werden.

10

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

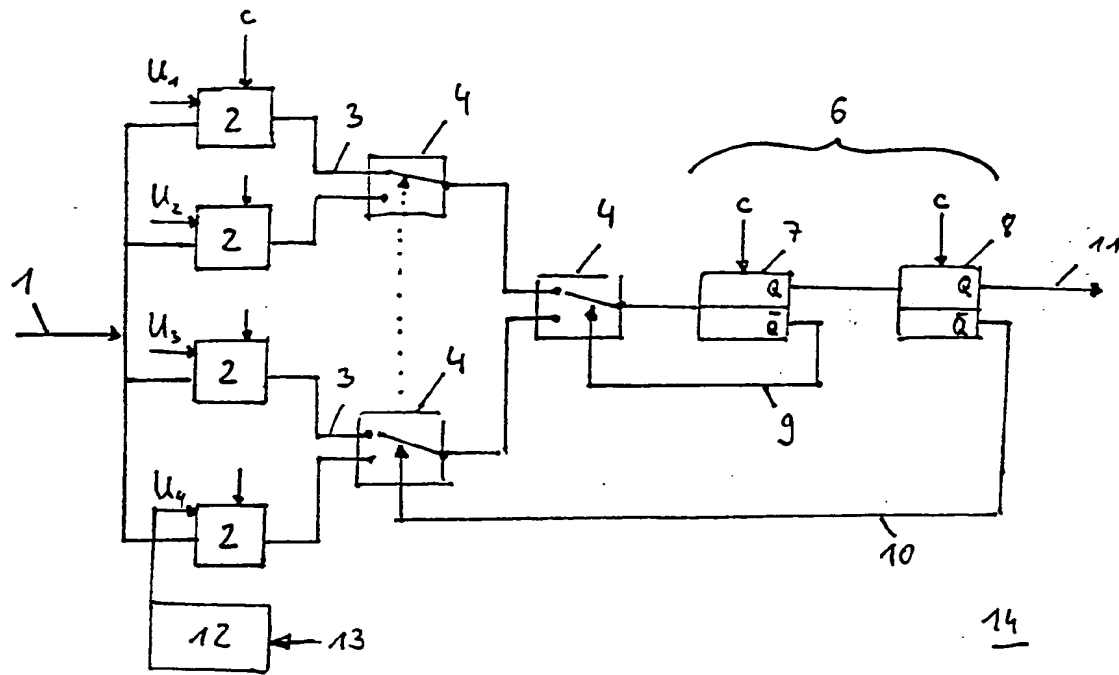


Fig. 1

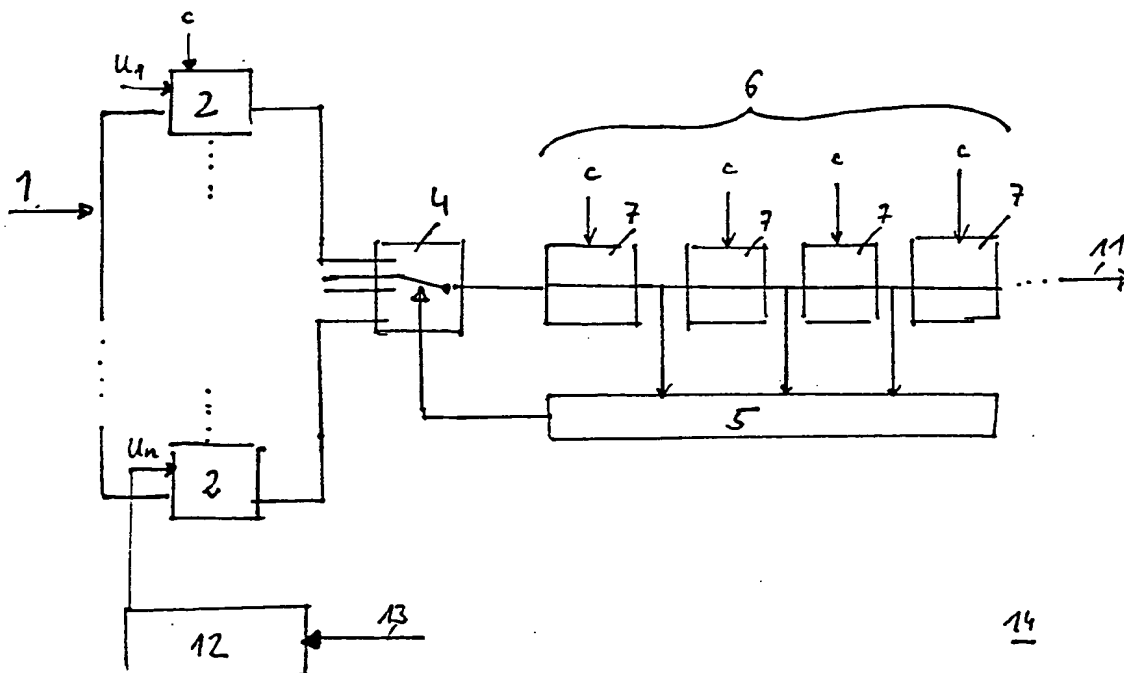


Fig. 2

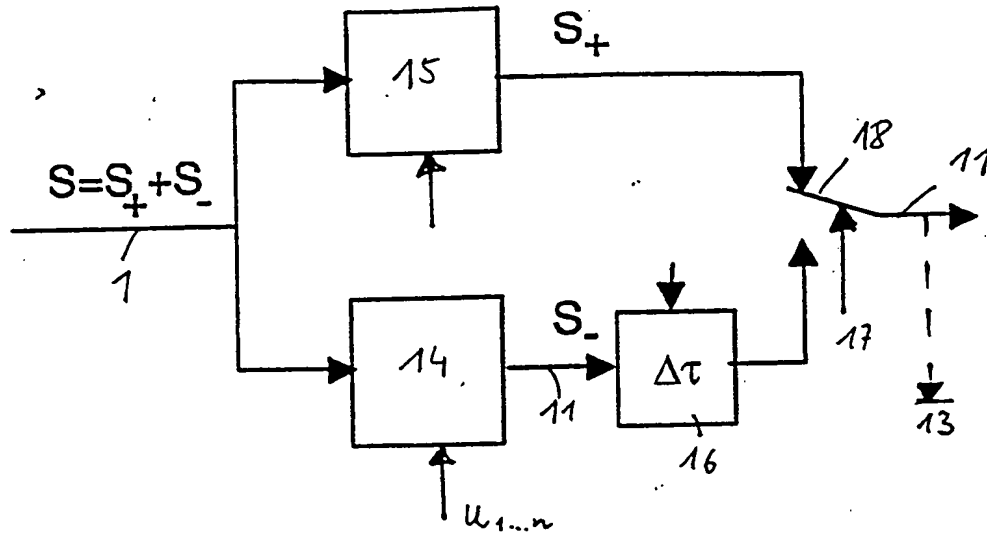


Fig. 3

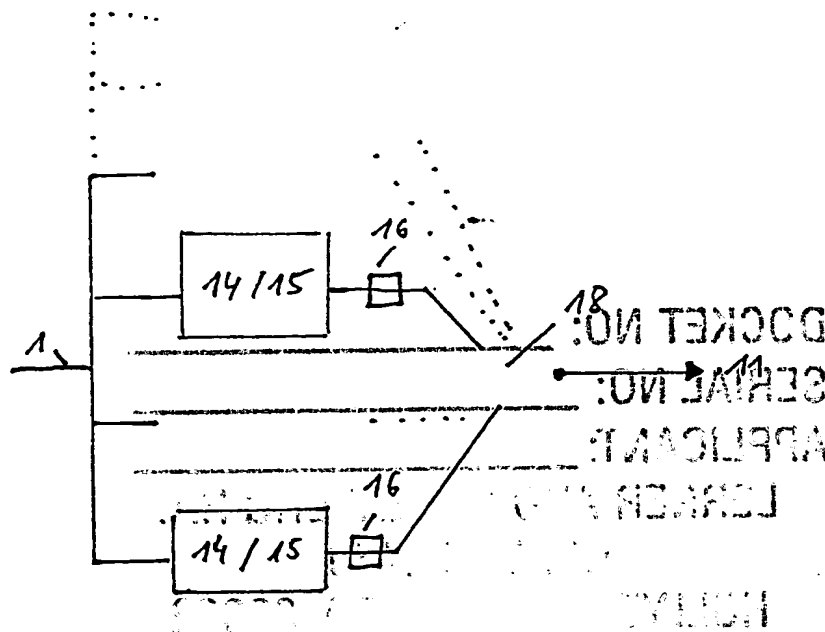


Fig. 4

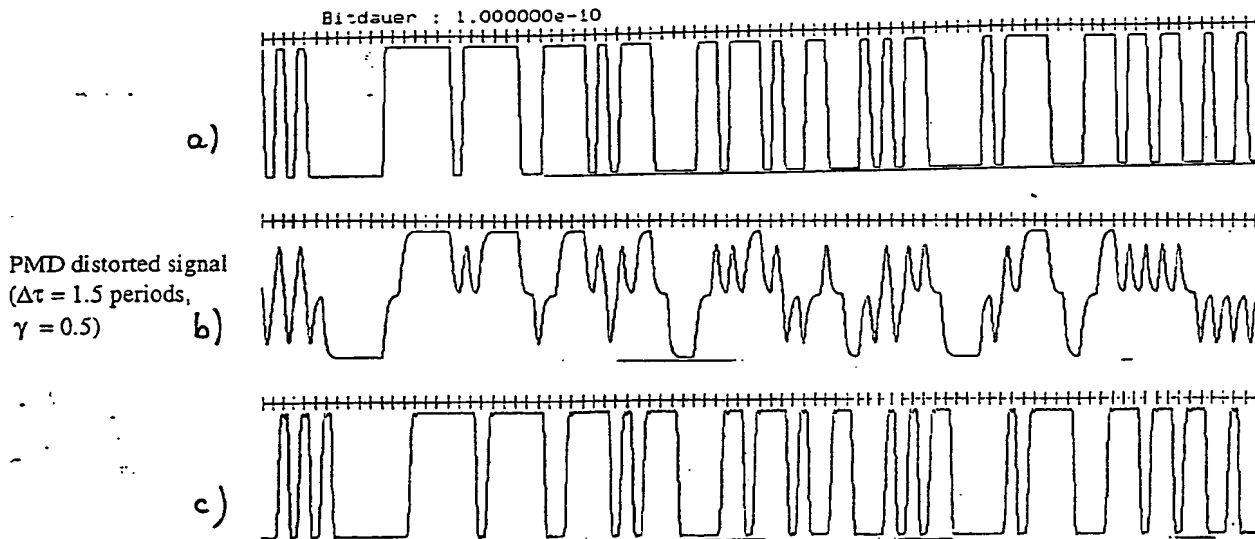


Fig. 25

DOCKET NO: MUM 11581  
 SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
 APPLICANT: Nygren  
 LERNER AND GREENBERG P.A.  
 P.O. BOX 2480  
 HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
 TEL. (954) 925-1100